

(19) 国本誠司洋行(JP)

## (20) 公 告 特 許 公 告(A)

(11) 特許出願の実審号

特表2006-522938  
(P2006-522938)

(43) 公表日 平成18年10月5日(2006.10.5)

| (6) Int.Cl.               | (8)                          | (9)        | (10)                   | (11) チャーチコード(登録) |
|---------------------------|------------------------------|------------|------------------------|------------------|
| G01N 21/35                | (2006.01)                    | G01N 21/35 | 2                      | 23059            |
| F23N 5/00                 | (2006.01)                    | F23N 5/00  | 3                      | 3K000            |
| F23N 5/00                 | (2006.01)                    | F23N 5/00  | 3                      | 3K005            |
| B01D 53/00                | (2006.01)                    | B01D 53/00 | 130E                   | 4D002            |
| B01D 53/00                | (2006.01)                    | B01D 53/00 | 2AB                    | 4D048            |
| 審査請求書 予備審査請求書 請求 (合 46 頁) |                              |            |                        | 最終頁に統ぐ           |
| (21) 出願番号                 | 特願2006-509569 (P2006-509569) | (21) 出願人   | 506305415              |                  |
| (22) 出願日                  | 平成16年3月31日(2004.3.31)        |            | ゾロ テクノロジーズ、 インコーポレイテッド |                  |
| (23) 国際文書番号               | 平成17年11月24日(2005.11.24)      |            | アメリカ合衆国、 コロラド 80201、   |                  |
| (24) 國際出願番号               | PCT/US2004/000498            |            | ボルダ、 ノース シャドウティーリード    |                  |
| (25) 國際公開番号               | W02004/080498                |            | ストリート 4946             |                  |
| (26) 國際公開日                | 平成18年10月21日(2006.10.21)      | (24) 代理人   | 100000059              |                  |
| (27) 獣光様式登録番号             | 80/458, 108                  |            | 弁理士 齋木 篤               |                  |
| (28) 獣光登録日                | 平成18年3月31日(2006.3.31)        | (24) 代理人   | 100000204              |                  |
| (29) 獣光様式登録番号             | 米国 (8)                       |            | 弁理士 鷲田 雄一              |                  |
|                           |                              | (24) 代理人   | 100102810              |                  |
|                           |                              |            | 弁理士 易道 郁郎              |                  |
|                           |                              | (24) 代理人   | 100103310              |                  |
|                           |                              |            | 弁理士 下道 錠久              |                  |
|                           |                              |            |                        | 最終頁に統ぐ           |

(54) [技術の名称] 選択の強度の強度および割合のための方法と装置

## (57) [要約]

選択されたレーザー光発振周波数を有する2つ以上のダイオードレーザー(12)から成る複数の装置(16)であって、ダイオードレーザーの出力に光学結合されているマルチブレクサ(16)，および、このマルチブレクサは、さらに、ピッチ個の光ファイバに光学結合されている。多重化レーザー光が、石炭燃焼発電所またはガス燃焼発電所の燃焼室またはボイラであってよりプロセスチャンバ(22)に作動的に開通付けられているピッチ光學部品(20)にピッチ個光ファイバを通して伝送される。ピッチ光學部品(20)は、プロセスチャンバ(22)の中を通して多重化レーザー出力を放射するように方向配置されている。さらに、プロセスチャンバ(22)の中を通して放射された多重化レーザー出力を受け取るために、ピッチ光學部品に光学的に連絡しているキャッチ光學部品(24)が、プロセスチャンバと作動的に方向配置されている。このキャッチ光學部品(24)は、デマルチブレクサ(28)に多重化レーザー出力を伝送する光ファイバに光学結合されている。このデマルチブレクサ(28)はレーザー光を選多重化し、および、光の選択されたレーザー発振周波数を検出器(26)に光学結合し、および、この検出器は、選択されたレーザー発振周波数の1つに対して感度を有する。

39

## [特許請求の範囲]

## [請求項 1]

検出装置であって、  
選択されたレーザ発振周波数を各自が有する2つ以上のダイオードレーザと、  
前記ダイオードレーザの2つ以上に光学結合されているマルチプレクサであって、多重化レーザ出力を出力し、かつ、前記多重化レーザ出力はピッチ側光ファイバの遠位端部に光学結合されているマルチプレクサと、  
前記ピッチ側光ファイバの遠位端部に光学結合されているピッチ光学部品であって、プロセスチャンバに作動的に關連付けられており、および、前記プロセスチャンバの中を通して前記多重化レーザ出力を放射するように方向配置されているピッチ光学部品と、  
前記プロセスチャンバの中を通して放射された前記多重化レーザ出力を受け取るために前記ピッチ光学部品に光学的に連絡している、前記プロセスチャンバに作動的に關連付けられているキヤッヂ光学部品と、  
前記キヤッヂ光学部品に近位端部において光学結合されているキヤッヂ側光ファイバと、  
前記キヤッヂ側光ファイバの遠位端部に光学結合されているデマルチプレクサであって、前記選択されたレーザ発振周波数の各自のレーザ光を逆多重化するデマルチプレクサと、  
前記デマルチプレクサに光学結合されている検出器であって、前記選択されたレーザ発振周波数の1つに対する感度を有する検出器と、  
を含む検出装置。  
10

## [請求項 2]

前記ダイオードレーザの2つ以上の各自を前記マルチプレクサに対して光学結合する入光光ファイバと、  
前記デマルチプレクサの出力を前記検出器に結合する出光光ファイバと、  
をさらに含む、請求項1に記載の検出装置。

## [請求項 3]

前記ピッチ側光ファイバは單一モードファイバである、請求項1に記載の検出装置。

## [請求項 4]

前記キヤッヂ側光ファイバはマルチモードファイバである、請求項1に記載の検出装置。  
30

## 【請求項 5】

前記ピッチ側光ファイバの前記遠位端部に光学結合されているピッチ側光路選択装置であって、さらに2つ以上のピッチ光学部品に光学結合されているピッチ側光路選択装置と、  
前記キヤッヂ側光ファイバの前記近位端部に光学結合されているキヤッヂ側光路選択装置であって、さらに2つ以上のキヤッヂ光学部品に光学結合されているキヤッヂ側光路選択装置と、  
をさらに含む、請求項1に記載の検出装置。  
40

## 【請求項 6】

前記ピッチ側光路選択装置は、光スイッチと光スプリッタの一方である、請求項1に記載の検出装置。

## 【請求項 7】

前記検出器から入光を受け取りかつ燃焼パラメータを測定するデータ処理システムをさらに含む、請求項1に記載の検出装置。

## 【請求項 8】

前記データ処理システムに作動的に關連付けられている、前記燃焼パラメータに影響を与える手段をさらに含む、請求項7に記載の検出装置。

## 【請求項 9】

前記マルチプレクサと前記デマルチプレクサの一方はエンドル格子を含む、請求項1に  
50

記載の検出装置。

【請求項 1-0】

前記マルチブレクサと前記デマルチブレクサの一方は、さらに、  
单一の光学信号として多重化された互いに異なる波長の複数の光チャンネルを伝播させる多重光導波路と、  
選択された焦点距離で前記多重光導波路に光学結合されている平行化／集束光学部品と、  
前記平行化／集束光学部品に光学結合されているエシェル格子であって、複数の波長範囲の同時に複多重化／多重化のために設けられている擇開關とブレース角とを含み、および、前記波長範囲の各々は複数の中心波長の附近に集中させられており、かつ、前記中心波長の各々はこのエシェル格子動作の選択された次数に対応するエシェル格子と、  
を含む、請求項 9 に記載の検出装置。

【請求項 1-1】

前記個別の波長範囲の複数の光チャンネルは、670 nm 以上の波長から 520 nm 以下の波長まで及ぶ、請求項 1-0 に記載の検出装置。

【請求項 1-2】

前記エシェル格子動作の前記選択された次数は 2 次から 14 次である、請求項 1-0 に記載の検出装置。

【請求項 1-3】

前記エシェル格子の前記溝間隔は約 171, 4 線/mm であり、および、前記エシェル格子の前記ブレース角は約 52, 75 度である、請求項 1-0 に記載の検出装置。

【請求項 1-4】

前記マルチブレクサは、すべてよりは少ない数の前記ダイオードレーザに光学結合されており、かつ、前記ピッタ側光ファイバの前記遠位端部と非多重化入力ファイバの遠位端部とに光学結合されている光カプラをさらに含み、前記光カプラは、前記ピッタ側光ファイバからの多重化レーザ光と前記非多重化入力光ファイバからの非多重化レーザ光とを光学結合し、および、前記光カプラは前記ピッタ光学部品に光学的に連絡している、請求項 2 に記載の検出装置。

【請求項 1-5】

前記光カプラは、選択された長さの伝送光ファイバを経由して前記ピッタ光学部品に光学的に連絡し、および、前記伝送光ファイバの前記長さは、選択されたレベルよりも低くモードノイズを維持するように選択される、請求項 1-4 に記載の検出装置。

【請求項 1-6】

前記多重化レーザ光の波長は 1240 nm から 520 nm の範囲内であり、および、非多重化レーザ光の波長は 1240 nm 未満である、請求項 1-5 に記載の検出装置。

【請求項 1-7】

前記光カプラは、選択された長さの伝送光ファイバを経由して前記ピッタ光学部品に光学的に連絡し、および、前記伝送光ファイバの前記長さは、前記伝送光ファイバを経由した伝送中に非多重化レーザ光がマルチモードルにならないように選択される、請求項 1-4 に記載の検出装置。

40

【請求項 1-8】

前記非多重化入力光ファイバは SM-750 ファイバであり、および、前記ピッタ側光ファイバと前記伝送光ファイバは SMF-28 光ファイバである、請求項 1-7 に記載の検出装置。

【請求項 1-9】

前記伝送光ファイバの長さは 3 メートル以下である、請求項 1-8 に記載の検出装置。

【請求項 2-0】

キャッチ側のモードノイズを最小化するために前記キャッチ側のマルチモード光ファイバの一区間を機械的に操作するための手段をさらに含む、請求項 1 に記載の検出装置。

50

【請求項 2-1】

前記キャッチ側のマルチモード光ファイバは前記ファイバ長さに対して平行な軸を有し、および、前記機械的操作は、前記軸を中心として前記キャッチ側のマルチモード光ファイバを揺ることを含む、請求項2.0に記載の検出装置。

【請求項2.2】

前記キャッチ側のマルチモード光ファイバの一区間を機械的に操作する前記手段は、前記ファイバの前記区間がモータの軸位置に対して相対的に取り付けられるように前記キャッチ側のマルチモード光ファイバに作動的に関連付けられているモータを含み、および、前記モータの軸は±360度から-360度の動作によって反復的に掃引される、請求項2.1に記載の検出装置。

【請求項2.3】

前記モータ軸の掃引の周波数が、前記伝送信号の有効な平行化を可能にし、かつ、それによってキャッチ側のモードノイズの影響を低減させるのに十分である、請求項2.2に記載の検出装置。

【請求項2.4】

前記モータ軸の掃引の前記周波数は1.0ヘルツ以上である、請求項2.3に記載の検出装置。

【請求項2.5】

前記キャッチ側の光ファイバに結合されているレーザ光の量を増大させるために、前記多重化レーザ出力の放射の方向に対する前記キャッチ光学部品のアインメント調整を可能にする、前記キャッチ光学部品に作動的に関連付けられているキャッチ側のアインメント調整機構をさらに含む、請求項1に記載の検出装置。

【請求項2.6】

前記キャッチ側のアインメント調整機構は、第1および第2の直交軸に沿って前記キャッチ光学部品をチルトさせる手段を含み、直交の、前記第1および第2の軸は前記多重化レーザ出力の放射方向に対して実質的に直交している、請求項2.5に記載の検出装置。

【請求項2.7】

前記キャッチ光学部品をチルトする前記手段はステップモータを含む、請求項2.6に記載の検出装置。

【請求項2.8】

データ処理システムが、さらに、前記キャッチ側のアインメント調整機構に作動的に関連付けられており、および、前記データ処理システムは、検出部に結合されている多重化レーザ出力の強度に関連している前記キャッチ側光ファイバに光学結合されている前記検出器からのデータを受け取り、および、さらに、前記検出器に結合されている前記多重化レーザ出力の強度を最大化するように、前記キャッチ側のアインメント調整機構が前記キャッチ光学部品をアインメント調整することを引き起こす、請求項2.7に記載の検出装置。

【請求項2.9】

前記ピッチ光学部品のアインメント調整と前記多重化レーザ出力の放射方向の調整とを可能にするピッチ側のアインメント調整機構をさらに含む、請求項2.8に記載の検出装置。

【請求項3.0】

前記ピッチ側のアインメント調整機構は、第1および第2の直交軸に沿って前記ピッチ光学部品をチルトさせる手段を含み、および、前記第1および第2の軸は前記多重化レーザ出力の放射の方向に対して実質的に直交している、請求項2.9に記載の検出装置。

【請求項3.1】

前記ピッチ光学部品をチルトする前記手段はステップモータを含む、請求項3.0に記載の検出装置。

【請求項3.2】

前記データ処理システムは、さらに、前記キャッチ光学部品によって受け取られた前記検出器に結合される前記多重化レーザ出力の強度を最大化するために、前記ピッチ側ア

ラインメント調整機構が前記多量化レーザ出力の方向をラインメント調整することを引き起こす、請求項3-1に記載の検出装置。

## 【請求項3-3】

燃焼プロセスを検出する方法であって、  
複数の選択されたレーザ發振周波数でレーザ光を供給することと、  
前記レーザ光を多量化することと、  
ピッチ側の光ファイバの中の前記多量化レーザ光をプロセス場所に伝達することと、  
前記多量化レーザ光を燃焼プロセスの中を通して放射することと、  
前記多量化レーザ光をキャッチ側の光ファイバの中に受け取ることと、  
前記多量化レーザ光を逆多量化することと、  
逆多量化レーザ光の周波数を検出器に伝達することと、  
を含む方法。

## 【請求項3-4】

前記検出器の出力から燃焼パラメータを求めるることをさらに含む、請求項3-3に記載の方法。

## 【請求項3-5】

前記求められた燃焼パラメータにしたがって前記燃焼プロセスを制御することをさらに含む、請求項3-4に記載の方法。

## 【請求項3-6】

エシェル格子に基づくダイオードレーザ分光ガス検出装置であって、  
選択されたレーザ發振周波数を有する2つ以上のダイオードレーザと、  
前記ダイオードレーザに光学結合されている入力エシェル格子であって、前記選択されたレーザ發振周波数のレーザ光を多量化することを可能にする選択されたライン間隔と選択されたブレース角とを有する入力エシェル格子と、  
前記エシェル格子からの多量化レーザ光を受け取るために前記エシェル格子に光学結合されている近接端部を有する光ファイバと、  
前記光ファイバの遠位端部に光学結合されているピッチ光学部品であって、プロセスチャンバに作動的に開通付けられており、かつ、前記プロセスチャンバの中を通してレーザ光を放射するように方向配置されているピッチ光学部品と、  
前記ピッチ光学部品に光学的に連絡している出力エシェル格子であって、前記選択されたレーザ發振周波数のレーザ光を逆多量化することを可能にする選択されたライン間隔と選択されたブレース角とを有する出力エシェル格子と、  
対応する逆多量化レーザ發振周波数に光学結合されている、前記選択されたレーザ發振周波数の1つに対して感度を有する検出器と、  
を備えるエシェル格子に基づくダイオードレーザ分光ガス検出装置。

## 【請求項3-7】

前記ピッチ光学部品に光学的に連絡しておりかつ前記出力エシェル格子に光学的に連絡しているキャッチ光学部品をさらに備える、請求項3-6に記載のエシェル格子に基づくダイオードレーザ分光ガス検出装置。

## 【請求項3-8】

2つ以上の平行化光学部品をさらに備え、および、前記平行化光学部品の1つが前記出力エシェル格子と対応する検出器との間に光学結合されている、請求項3-6に記載のエシェル格子に基づくダイオードレーザ分光ガス検出装置。

## 【請求項3-9】

前記入力エシェル格子と前記出力エシェル格子との各々は、さらに、複数の波長範囲の同時(逆)多量化を可能にする溝間隔とブレース角とを備え、および、前記波長範囲の各々は複数の中心波長の付近に集中させられており、かつ、前記中心波長の各々はエシェル格子動作の選択された次数に対応する、請求項3-6に記載のエシェル格子に基づくダイオードレーザ分光ガス検出装置。

## 【請求項4-0】

前記複数のレーザ発振周波数の前記波長は、670 nm以上の波長から5200 nm以下の波長に及ぶ、請求項3-9に記載のエシェル格子に基づくダイオードレーザ分光ガス検出装置。

**[請求項4-1]**

前記エシェル格子動作の選択された次数は2次から14次である、請求項3-9に記載のエシェル格子に基づくダイオードレーザ分光ガス検出装置。

**[請求項4-2]**

前記滑走路は約171.4線/mmであり、および、前記プレーブ角は約5.2.75度である、請求項3-9に記載のエシェル格子に基づくダイオードレーザ分光ガス検出装置。

**[請求項4-3]**

前記入力エシェル格子と前記出力エシェル格子は單一の格子ではない、請求項3-6に記載のエシェル格子に基づくダイオードレーザ分光ガス検出装置。

**[請求項4-4]**

燃焼プロセスを検出する方法であって、  
複数の選択された周波数のレーザ光を供給することと、  
エシェル格子によって前記レーザ光を多重化することと、  
前記多重化されたレーザ光を燃焼室の中を通して放射することと、  
前記多重化レーザ光をエシェル格子によって逆多重化することと、  
逆多重化されたレーザ光の周波数を検出器に伝達することと、  
を含む方法。

**[請求項4-5]**

前記検出器の出力から燃焼パラメータを求める것をさらに含む、請求項4-4に記載の方法。

**[請求項4-6]**

前記求められた燃焼パラメータにしたがって前記燃焼プロセスを制御することをさらに含む、請求項4-5に記載の方法。

**[請求項4-7]**

ダイオードレーザ分光測定で使用するためのピッチ測光学システムであって、  
選択されたレーザ発振周波数を有する2つ以上のダイオードレーザであって、別個の入力光ファイバの近位端部に各々が結合されているダイオードレーザと、  
すべてよりは少ない数の前記入力光ファイバの遠位端部に光学結合されているマルチプレクサであって、前記すべてよりは少ない数の入力光ファイバからの多重化レーザ光をピッチ側の光ファイバの遠位端部に光学結合するマルチプレクサと、  
前記ピッチ側光ファイバの遠位端部と非多重化入力光ファイバの遠位端部とに光学結合されているカプラであって、前記ピッチ側光ファイバからの多重化レーザ光と前記非多重化入力光ファイバからの非多重化レーザ光とを伝送光ファイバの遠位端部に光学結合するカプラと、  
前記伝送光ファイバの遠位端部に光学結合されているピッチ光学部品と  
を備えるピッチ側光学システム。

**[請求項4-8]**

前記入力光ファイバと、前記ピッチ側光ファイバと、前記伝送光ファイバは、單一モードの光ファイバである、請求項4-7に記載のピッチ側光学システム。

**[請求項4-9]**

前記伝送光ファイバの最適は、モードノイズを選択されたレベルより低く維持するよう  
に選択される、請求項4-7に記載のピッチ側光学システム。

**[請求項5-0]**

前記多重化レーザ光の波長は1240 nmから5200 nmの範囲内であり、および、  
前記非多重化レーザ光の波長は1240 nm未満である、請求項4-9に記載のピッチ側光学  
システム。

**[請求項5-1]**

前記伝送光ファイバの長さは、前記非多重化レーザ光が前記伝送光ファイバを経由した後述中にマルチモーダルにならないように選択される、請求項 5.0 に記載のピッチ光学システム。

【請求項 5.2】

前記非多重化入力光ファイバは SM 750 ファイバであり、および、前記多重化ファイバと前記伝送光ファイバは SMF 280 ファイバである、請求項 5.1 に記載のピッチ光学システム。

【請求項 5.3】

前記伝送光ファイバの長さは 3 メートル以下である、請求項 5.2 に記載のピッチ光学システム。

19

【請求項 5.4】

ダイオードレーザ分光測定で使用するキャッチ側の光学システムであって、キャッチ側のマルチモード光ファイバの近位端部に光学結合されているキャッチ光学部品と、キャッチ側のモードノイズを低減させるために前記キャッチ側のマルチモード光ファイバの一区間を機械的に操作する手段と、を備えるキャッチ側光学システム。

【請求項 5.5】

前記キャッチ側のマルチモード光ファイバは前記ファイバ長さに対して平行な軸を有し、および、前記機械的操作は、前記軸を中心として前記キャッチ側のマルチモード光ファイバを揺ることを含む、請求項 5.4 に記載のキャッチ側光学システム。

20

【請求項 5.6】

前記キャッチ側のマルチモード光ファイバの前記区間を機械的に操作する手段は、前記ファイバの前記区間がモータの軸位置に対して相対的に取り付けられるように前記キャッチ側のマルチモード光ファイバに作動的に関連付けられているモータを備え、および、前記モータの軸は +360 度から -360 度の動作によって反復的に掲引される、請求項 5.5 に記載のキャッチ側光学システム。

【請求項 5.7】

前記モータ軸の掲引の周波数が、前記伝送信号の有効な平均化を可能にし、かつ、それによってキャッチ側のモードノイズの影響を低減させる、請求項 5.6 に記載のキャッチ側光学システム。

30

【請求項 5.8】

前記掲引軸の周波数は 1.0 ヘルツ以上である、請求項 5.7 に記載のキャッチ側光学システム。

【請求項 5.9】

ダイオードレーザ分光ガス検出装置であって、選択されたレーザ発振周波数を有するダイオードレーザと、前記ダイオードレーザに光学結合されているピッチ光学部品であって、プロセスチャンバに作動的に関連付けられており、かつ、前記プロセスチャンバの中を通過して放射ビームに沿ってレーザ光を放射するように方向配置されているピッチ光学部品と、

40

前記プロセスチャンバの中を通過して放射される前記レーザ光を受け取るために前記ピッチ光学部品に光学的に連絡しているキャッチ光学部品と、

前記キャッチ光学部品に光学結合されている光ファイバと、前記ピッチ光学部品から前記キャッチ光学部品によって受け取られかつ前記光ファイバに結合されるレーザ光の量を最大化するように、前記放射ビームに対する前記キャッチ光学部品のアライメント調整を可能にする、前記キャッチ光学部品に作動的に関連付けられているキャッチ側のアライメント調整機構と、

前記光ファイバに光学結合されている、前記選択されたレーザ発振周波数に対して感度を有する検出器と、

50

を備えるダイオードレーザ分光ガス検出装置。

## 【請求項 6.0】

前記キャッチ側のアラインメント調整機構は、第1および第2の直交軸に沿って前記キャッチ光学部品をチルトさせる手段を含み、および、前記第1および第2の軸は前記放射ビームに対して実質的に直交している、請求項 5.9 に記載のダイオードレーザ分光ガス検出装置。

## 【請求項 6.1】

前記キャッチ光学部品をチルトする手段はステップモータを含む、請求項 6.0 に記載のダイオードレーザ分光ガス検出装置。

## 【請求項 6.2】

前記ピッタ光学部品によって放射されて前記キャッチ光学部品によって受け取られるアライメント光ビームと、

前記検出器と前記キャッチ側アラインメント調整機構とに作動的に関連付けられているデータ処理システムであって、前記検出器に結合されている前記アラインメントビームの強度に関係している前記検出器からのデータを受け取り、および、さらに、前記検出器に結合されている前記アラインメントビームの強度を最大化するために、前記キャッチ側アラインメント調整機構が前記キャッチ側光学部品を前記放射ビームに対してアラインメント調整することを引き起こすデータ処理システムと、

をさらに備える、請求項 5.9 に記載のダイオードレーザ分光ガス検出装置。

## 【請求項 6.3】

前記ピッタ光学部品のアラインメント調整と前記放射ビームの方向の調整とを可能にするピッタ側アラインメント調整機構をさらに備える、請求項 5.9 に記載のダイオードレーザ分光ガス検出装置。

## 【請求項 6.4】

前記ピッタ側アラインメント調整機構は、第1および第2の直交軸に沿って前記キャッチ光学部品をチルトさせる手段を含み、および、前記第1および第2の軸は前記放射ビームに対して実質的に直交している、請求項 6.3 に記載のダイオードレーザ分光ガス検出装置。

## 【請求項 6.5】

前記ピッタ光学部品をチルトさせる前記手段はステップモータを含む、請求項 6.4 に記載のダイオードレーザ分光ガス検出装置。

30

## 【請求項 6.6】

前記データ処理システムは、さらに、前記キャッチ光学部品によって受け取られかつ前記検出器に結合される前記アラインメントビームの強度を最大化するために、前記ピッタ側アラインメント調整機構が前記放射ビームの方向をアラインメント調整することを引き起こす、請求項 5.9 に記載のダイオードレーザ分光ガス検出装置。

## 【請求項 6.7】

ダイオードレーザ分光ガス検出光学システムをアラインメント調整する方法であって、アラインメント光ビームを供給することと、プロセスチャンバの中を通して前記アラインメントビームを放射することと、前記プロセスチャンバに作動的に関連付けられているキャッチ光学部品によって前記アラインメントビームを受け取ることと、

前記キャッチ光学部品から前記アラインメントビームを光ファイバを経由して検出器に光学結合することと、

前記キャッチ光学部品から前記光ファイバに結合された前記アラインメントビームの強度を測定することと、

前記キャッチ光学部品から前記光ファイバに結合された前記アラインメントビームの強度を最大化するよう前記キャッチ光学部品をアラインメント調整することと、

を含む、ダイオードレーザ分光ガス検出光学システムをアラインメント調整する方法。

## 【請求項 6.8】

前記アラインメント調整機構は、第1および第2の直交軸に沿って前記キャッチ光学部

30

(3)

JP 2006-522538 A 2006.10.5

品をテルトさせることを含む請求項 6-9 に記載のダイオードレーザ分光ガス検出光学システムをアライメント調整する方法。

## 【請求項 6-9】

前記アライメントビームはピッチ光学部品によって放射され、および、前記キャップ光学部品から光学部品前記光ファイバに結合された前記アライメントビームの強度を最大化するために前記ピッチ光学部品をアライメント調整することをさらに含む、請求項 6-7 に記載のダイオードレーザ分光ガス検出光学システムをアライメント調整する方法。

## 【請求項 7-0】

前記ピッチ光学部品をアライメント調整する前記段階は、第 1 および第 2 の軸交換に沿って前記ピッチ光学部品をテルトさせることを含む、請求項 6-9 に記載のダイオードレーザ分光ガス検出光学システムをアライメント調整する方法。

## 【請求項 7-1】

前記アライメントビームの強度を最大化するために前記ピッチ光学部品と前記キャップ光学部品とを逐次的にテルトさせることをさらに含む、請求項 7-0 に記載のダイオードレーザ分光ガス検出光学システムをアライメント調整する方法。

## 【請求項 7-2】

波長可変ダイオードレーザ吸収分光法を使用して燃焼プロセスにおける NO を検出する方法であつて、

約 670 nm の波長のレーザ光を供給することと、  
ピッチ光学部品の中の前記レーザ光をガスプロセス場所に伝達することと、  
ガスプロセスの中を通して前記レーザ光を放射することと、  
キャップ側の光ファイバ内に前記レーザ光を受け取ることと、  
前記キャップ側の光ファイバ内の前記レーザ光を検出器に伝達することと、  
前記検出器に伝達された前記レーザ光に関係している前記検出器からの信号を生成することと、  
前記信号から NO<sub>x</sub> 濃度を計算することと、  
前記 NO<sub>x</sub> 濃度から NO 濃度を求めることと、  
を含む方法。

## 【請求項 7-3】

約 670 nm の波長の前記レーザ光は、  
ダイオードレーザによって約 1340 nm の波長を持つレーザ光を生じさせることと、  
疑似位相整合周波分極導波路内で前記レーザ光を周波数 2 倍化することと、  
によって提供される、請求項 7-2 に記載の方法。

## 【請求項 7-4】

前記疑似位相整合周波分極導波路は疑似位相整合周波分極ニオブ酸リチウム導波路である、請求項 7-3 に記載の方法。

## 【請求項 7-5】

NO<sub>x</sub> の選択触媒還元または無触媒還元においてアンモニア注入を最適化する方法であつて、  
NO<sub>x</sub> 錫送ガスシステム内にアンモニア注入器を設けることと、  
NO<sub>x</sub> 錫送ガス流の一部のアンモニア濃度または NO<sub>x</sub> 濃度を求めるために、前記アンモニア注入器の下流において前記 NO<sub>x</sub> 錫送ガス流の一部を「その場で」多重化光ビームによって標本抽出することと、  
を含む方法。

## 【請求項 7-6】

アンモニア注入器の 2 次元格子が前記 NO<sub>x</sub> 錫送ガス流内に設けられ、および、前記標本抽出段階は、前記 NO<sub>x</sub> 錫送ガス流の一部の 2 次元格子を複数の多重化光ビームによって同時に標本抽出することをさらに含む、請求項 7-5 に記載の方法。

## 【請求項 7-7】

前記N.O.、搬送ガス流の標本抽出された部分において、選択されたレベルにN.O.濃度を減少させるために、必要に応じて前記アンモニア注入器の放出量を調整することをさらに含む、請求項7.5に記載の方法。

## 【請求項7.8】

前記多重化光ビームの選択された波長の吸収を測定することと、  
前記測定された吸収から前記N.O.搬送ガス流の前記一部分の濃度を測定することと、  
をさらに含む、請求項7.6に記載の方法。

## 【請求項7.9】

N.O.含有ガス流中のN.O.の選択触媒還元または無触媒還元のための装置であって、  
前記N.O.含有ガス流中に存在するように構成されているアンモニア注入器と、  
多重化光ビームによって前記アンモニア注入器の下流において前記N.O.含有ガス流の  
一部分を標本抽出するように構成されているレーザ分光装置と、  
を備える装置。

## 【請求項8.0】

前記N.O.含有ガス流中に存在するように構成されているアンモニア注入器の2次元格子と、  
多重化光ビームによって前記アンモニア注入器の下流において前記N.O.搬送ガスの一部の2次元格子を標本抽出するように構成されているレーザ分光装置と、  
をさらに含む、請求項7.9に記載の装置。

## 【請求項8.1】

前記レーザ分光装置は、  
選択されたレーザ発振周波数を各々が有する2つ以上のダイオードレーザと、  
前記ダイオードレーザの2つ以上に光学結合されているマルチプレクサであって、多重化レーザ出力を出力し、かつ、前記多重化レーザ出力はピッチ側光ファイバの近位端部に  
光学結合されているマルチプレクサと、

前記ピッチ側光ファイバの遠位端部に光学結合されているピッチ光学部品であって、プロセスチャンバに作動的に固定付けられており、および、前記プロセスチャンバの中を通して前記多重化レーザ出力を放射するように方向配置されているピッチ光学部品と、

前記プロセスチャンバの中を通して放射される前記多重化レーザ出力を受け取るために前記ピッチ光学部品に光学的に連絡している、前記プロセスチャンバに作動的に固定付け  
られているキャッチ光学部品と、

前記キャッチ光学部品に近位端部において光学結合されているキャッチ側光ファイバと、

前記キャッチ側光ファイバの遠位端部に光学結合されているデマルチプレクサであって、前記選択されたレーザ発振周波数の各々のレーザ光を逆多重化するデマルチプレクサと、

前記デマルチプレクサに光学結合されている検出器であって、前記選択されたレーザ発振周波数の1つに対する感度を有する検出器と、

を備える、請求項7.9に記載の装置。

## 【請求項8.2】

前記ピッチ側光ファイバの前記遠位端部に光学結合されている光スプリッタであって、2つ以上のピッチ光学部品に結合されている光スプリッタと、

各ピッチ光学部品に光学的に連絡しているキャッチ光学部品と、  
をさらに備える、請求項8.1に記載の装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0.001】

本発明は、燃焼プロセスの監視および制御のための方法と装置とに関し、および、さらに特に、燃焼プロセスの監視および制御のための可変波長ダイオードレーザ吸収分光法の使用に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

アメリカ合衆国で発電される電力の大部分は石炭燃焼発電所で発電されている。同様に、世界中の発電の大部分が一次エネルギー源としての石炭に依存している。核エネルギー生産過紙からの廃棄物の貯蔵に関する長期的な環境問題と、太陽光発電に関する非効率性とを考慮に入れると、当分の間は石炭が一次エネルギー源のまま残る可能性が高い。これに加えて、現在の割合での200年以上にわたるエネルギー生産に十分なだけの莫大な埋蔵量の石炭が世界中に存在する。

## 【0003】

しかし、石炭燃焼発電に関連している汚染物質の放出を削減することと、石炭燃焼発電プロセスの全体的な効率を向上させることへの高い要求が存続しているし、将来も存続するだろう。従来においては、発電所と他の工業的な燃焼環境において、燃焼プロセスの効率と汚染物質放出のレベルとが、非分散型赤外(NDIR)光度測定のような技術を用いて抽出ガス標本から採られた測定値によって間接的に求められてきた。抽出サンプリングシステムは、ガス抽出時点と最終的な分析との間に大きな遅延が生じさせられる可能性があるので、燃焼プロセスの閉ループ制御には特に良く適しているというわけではない。さらに、抽出プロセスは、一般的に、高度に可変的で動的な燃焼プロセスチャンバであり得るものの中において測定対象の化学種の実際濃度を表しているかも知れないし表していないかも知れない一点測定値を総合的にもたらす。

## 【0004】

最近では、レーザ方式の光学化学種センサ(optical species sensor)が、抽出測定技術に関連した問題に対処するために実現されている。レーザ方式の測定技術は「その場で」実現されることが可能であり、および、動的なプロセス制御に適している高速ファイードバックというさらに別の利点を提供することが可能である。燃焼ガスの組成と温度と他の燃焼パラメータとを測定するための特に有望な技術が、波長可変ダイオードレーザ吸収分光法(tunable diode laser absorption spectroscopy)(TDLAS)である。TDLASは、典型的には、近赤外スペクトル領域と中赤外スペクトル領域において動作するダイオードレーザによって実現される。適しているレーザは、遠距離通信産業における使用のために大規模に開発されており、および、したがって、TDLAS用途のために容易に入手可能である。燃焼プロセスの検出と制御とに多少とも適している様なTDLAS技術が開発されている。一般的に知られている技術が、波長変調分光法と、周波数変調分光法と、直接吸収分光法である。これらの技術の名々は、光が燃焼プロセスチャンバの中を通過して伝導され、および、プロセスチャンバをわち燃焼室内に存在するガスに固有の特定のスペクトル帶において吸収され終わってから検出器によって受け取られる、レーザ光の量と性質との間の求められた関係に基づいている。検出器によって受け取られた吸収スペクトルは、分析対象であるガス化学種の量とこれに関連した燃焼パラメータ(例えば、温度)とを求めるために使用される。

## 【0005】

例えば、Von Drasek他の米国特許出願番号2002/0031737A1は、高濃度のプロセスの監視および/または制御のために波長可変ダイオードレーザを使用する方法および装置を顯示している。Von Drasekは、多数の燃焼化学種の相対濃度と温度と他のパラメータとを求めるための直接吸収分光法の使用を特徴とする。Calabroの米国特許番号第5,813,767号は、燃焼室内で生じる燃焼と汚染物質とを監視するための同様のシステムを顯示する。Calabroは、吸収特徴の形態の観察されたドップラーの広がりが温度分析のための基礎の役割を果たす間接分光法技術を適用する。

## 【0006】

Telchert, FernholzおよびEbertは、実物大の石炭燃焼発電所のボイラ火床における幾つかの燃焼パラメータの検出に適している実現可能な実験解決策に対する既知の実験室分析としてTDLASの使用を披張している。彼らの論文“Simultan

ous in situ Measurement of CO, H<sub>2</sub>O, and Gas Temperature in a Full-Sized, Coal-Fired Power Plant by Near-Infrared Diode Lasers" (Applied Optics, 42(12):2043, 20 April 2003) では、この著者たちは、石炭燃焼発電所における直接吸収分光法の実行の成功を発表し、および、石炭燃焼プロセスの極度に大きな規模と激しい性質とから結果的に生じる特定の技術的難題を論議する。特に、典型的な石炭燃焼発電所は 10 ~ 20 メートルの燃焼室直径を有する。この発電所は微粉炭によって燃焼させられ、このことは、高い粉塵負荷のせいでのレーザ光の透過を遅りかつ極度に明るい燃焼プロセスを結果的に生じさせる。これに加えて、発電所の燃焼条件下において激しい外乱が発見される。プロセスチャンバの中を通過する光の結合的な透過率は、広帯域の吸収、微粒子による散乱、または、屈折率の変動に起因するビームの方向変化の結果として、時間の経過に応じて劇的に変動する。さらに、検出器信号に干渉する可能性がある燃焼石炭微粒子からの激しい熱背景放射もある。発電所ボイラの外側の環境も、TDLA は検出または制御システムの実現を困難なものにする。例えば、あらゆる電子機器、光学部品、または、他の高感度の分光法構成要素が、猛烈な熱から遠く離れて配置されなければならず、または、適切に保護されねばならない。TDLA はシステムの実現がこうした条件下では極めて困難であるが、TDLAS は石炭燃焼プロセスを監視し制御するのに特に適している。本発明は、上述の TDLAS の実現の問題点の 1 つまたは複数を克服することを意図している。20

### 【発明の関係】

#### 【課題を解決するための手段】

##### 【0007】

本発明の一側面が、選択されたレーザ発振周波数を有する 2 つ以上のダイオードレーザと、これらのダイオードレーザの出力に光学結合されているマルチプレクサとから成り、および、このマルチプレクサがさらにピッチ側光ファイバ (pitch side optical fiber) に光学結合されている検出装置である。多重化されたレーザ光が、ピッチ側光ファイバを通して、石炭燃焼発電所またはガス燃焼発電所の燃焼室またはボイラであってよいプロセスチャンバに作動的に開通付けられているピッチ光学部品 (pitch optic) に送られる。このピッチ光学部品は、プロセスチャンバの中を通して多重化レーザ出力を反射するよう方向配置されている。さらに、プロセスチャンバの中を通して放射される多重化レーザ出力を受け取るために、ピッチ光学部品に光学的に連絡するキャッチ光学部品 (catch optic) が、プロセスチャンバに作動的に適応させられている。本明細書で使用される場合の「結合されている (coupled)」、「光学結合されている (optically coupled)」または「光学的に連絡している (in optical communication with)」は、光が中間の構成要素または自由空間を通過してまたは通過せずに第 1 の構成要素から第 2 の構成要素に進むことができる、相対物の相互間の機能的関係と定義される。キャッチ光学部品は、多重化レーザ出力をマルチプレクサに送る光ファイバに光学結合されている。このマルチプレクサはレーザ光を過多重化して、光の選択されたレーザ発振周波数を検出器に光学結合し、および、この検出器は、選択されたレーザ発振周波数の 1 つに対して感度を有する。採用随意に、この検出装置は、検出器と、マルチプレクサの出力光ファイバに光学結合されているマルチプレクサとの以前に、対応する別個の入力光ファイバに光学結合されている各々のダイオードレーザを有してもよい。ピッチ側の光ファイバは单一モードのファイバであってもよく、および、キャッチ側の光ファイバはマルチモードのファイバであってもよい。採用随意に、この検出装置は、さらに、ピッチ側の光ファイバに光学結合されており、かつ、プロセスチャンバに作動的に開通付けられている 2 つ以上の対のピッチ光学部品およびキャッチ光学部品に多重化レーザ出力を送る、ピッチ側の光路選択装置から成ってもよい。この光路選択装置は、光スイッチ、光スプリッタ、または、一級的に入手可能な他の標準規格品としての遠距離通信用の光路選択装置であってよい。採用随意に、この検出装置は、さらに、検出器からの入力を受け取り、かつ、その検出器データから燃焼パラメータを求めるために公知のレーザ分光法技術を使用するデータ処理システムから成ってよい。この検出装置は、さらに、そのデータ処理システムの出力に基づいて燃焼バラ  
30

メータに影響を及ぼす手段を有してもよい。例えば、この検出装置は、そのデータ処理システムによって求められた燃焼パラメータにしたがって、そのデータ処理システムに対して応答する、空気流、燃料流、または、触媒もしくは化学薬剤の添加のような燃焼入力のクローズドループ制御を実現してもよい。

#### [0 0 0 8]

この検出装置は、マルチブレクサまたはデマルチブレクサ内においてエシェル格子を使用してよい。マルチブレクサまたはデマルチブレクサの追加の構成要素が、光導路と平行化／集束光学部品 (collimating focusing optic) とを含んでもよい。平行化／集束光学部品に結合されている反射性のエシェル格子は、典型的には、複数の範囲の広く開闊があいた波長の光の同時に多重化を実現するための溝開闊とブレース角とを有するだろう。<sup>19</sup> 適切なエシェル格子は、典型的には、670 nm 以上の波長から 5200 nm 以下の波長までを多重化または過多重化することが可能だろう。これを実現するために、エシェル格子は、2 次から少なくとも 14 次の屈折次数で動作するだろう。このエシェル格子は、典型的には、約 171.4 線/mm の溝開闊と約 2.71 度のブレース角とを有するだろう。

#### [0 0 0 9]

採用随意に、この検出装置は、すべてよりは少ない数のダイオードレーザに光学結合されているマルチブレクサを有してよく、および、さらに、マルチブレクサの出力を任意の多重化ダイオードレーザの別個の出力とに結合されている光カプラから成ってもよい。<sup>20</sup> こうした採用随意の実施態様では、光カプラは、選択された長さの伝送光ファイバを経由してピッタ光学部品と光学的に連絡するだろう。伝送光ファイバの長さは、モードノイズを最小化するように選択されてよい。例えば、伝送光ファイバは 3 メートル以下の長さで具体化されてよく、および、1240 nm 未満の波長、特に 760 nm の波長が伝送光ファイバを経由した伝送中にマルチモーダルにならないことを確実なものにする Corning SMF 28 光ファイバで作られてよい。

#### [0 0 1 0]

この検出装置は、さらに、キャッチ側のモードノイズを最小化するためにキャッチ側の光ファイバの一区間を機械的に操作するための手段から成ってもよい。キャッチ側の光ファイバの一区間を機械的に操作するための適切な手段の一例が、そのファイバに取り付けられているキャッチ側の光ファイバの縦軸に対して平行な軸を有しつつその縦軸を中心とした捻り運動を実現するモータから成る。この捻り運動は、伝送される信号を効果的に平均化してキャッチ側のモードノイズを低減させるために、少なくとも 10 Hz のレートにおける ±360 度および -360 度の繰引 (sweep) から成ってよい。<sup>30</sup>

#### [0 0 1 1]

採用随意に、この検出装置は、さらに、多重化レーザ出力の放射方向を基準としたキャッチ光学部品のアラインメント調整を可能にする、キャッチ光学部品に固定付けられているキャッチ側のアラインメント調整機構から成ってよい。このアラインメント調整機構は、ピッタ光学部品からキャッチ光学部品によって受け取られてキャッチ側の光ファイバに結合されるレーザ光の量を増大させるだろう。このアラインメント調整機構は、第 1 の軸とこの第 1 の軸に対して垂直である第 2 の軸とに沿ってキャッチ光学部品がキルト (tilt)<sup>40</sup> することを可能にする装置から成ってよく、および、この第 1 の軸と第 2 の軸との両方は多重化レーザ出力の放射方向に対して実質的に直交している。ステップモータがキャッチ光学部品をキルトさせるために使用されてよく、および、データ処理システムが、さらに、このキャッチ側のアラインメント調整機構に固定付けられてよく、かつ、検出器に結合されている多重化レーザ出力の強度に関係付けられているその検出器からのデータを受け取り、かつ、そのキャッチ側のアラインメント調整機構がキャッチ光学部品をアラインメント調整することを生じさせてもよい。あるいは、これに対する代案として、別個のアラインメントビームがキャッチ光学部品に対して放射されて、アラインメント調整のための基準として使用されてもよい。同様のアラインメント調整機構が、ピッタ光学部品のアラインメント調整と多重化レーザ出力の放射方向の調整とを実現するために、検出装置の<sup>50</sup>

ピッチ側に実装されてもよい。

【0012】

本発明の別の側面が、複数の選択されたレーザ発振周波数のレーザ光を供給することと、そのレーザ光を多重化することと、ピッチ側の光ファイバ内の多重化レーザ光をプロセス場所に伝送することとから成る、燃焼プロセスの検出方法である。このプロセス場所は、ガス燃焼発電所または石炭燃焼発電所のボイラのような燃焼室であってよい。多重化レーザ光をプロセス場所に伝送した後に、この方法は、さらに、多重化レーザ光を燃料プロセスの中を通して放射することと、キャッチ側の光ファイバ内に多重化レーザ光を受け取ることと、この多重化レーザ光を逆多重化することと、この逆多重化されたレーザ光の周波数を検出器に伝送することとから成る。採用難易に、この方法は、さらに、検出器の出力から燃焼パラメータを求めることが、その求められた燃焼パラメータにしたがって燃焼プロセスを制御することとから成ってよい。<sup>10</sup>

【0013】

本発明の別の側面が、選択されたレーザ発振周波数のレーザ光の多重化を実現する選択されたライン間隔と選択されたプレース角とを有する入力エシェル格子に光学結合されている選択されたレーザ発振周波数を有する2つ以上のダイオードレーザから成る、エシェル格子に基づくダイオードレーザ分光ガス検出装置である。この装置は、さらに、エシェル格子の出力に光学結合されておりかつエシェル格子から多重化レーザ光を受け取る光ファイバから成る。これに加えて、ピッチ光学部品は光ファイバの遠位端部に光学結合されており、および、このピッチ光学部品は燃焼室であることが可能なプロセスチャンバに作動的に開閉付けられており、かつ、プロセスチャンバの中を通してレーザ光を放射するよう方向付けられている。この装置は、さらに、ピッチ光学部品に対して光学的に連絡している出力エシェル格子から成り、および、この出力エシェル格子は、選択されたレーザ発振周波数のレーザ光の逆多重化を実現する選択された溝間隔と選択されたプレース角とを有する。これに加えて、選択されたレーザ発振周波数の1つに対して感度を有する2つ以上の検出器が、出力エシェル格子に光学結合されている。本発明のこの側面の装置は、さらに、ピッチ光学部品と光学的に連絡しておりかつ出力エシェル格子と光学的に連絡しているキャッチ光学部品から成ってよい。さらに、1つまたは複数の平行化光学部品がエシェル格子の出力とこれに対応する検出器との間に光学結合されてよい。ダイオードレーザ分光ガス検出装置のエシェル格子は、複数の範囲の互いに広く開隔があいた波長の同時に(逆)多重化を可能にする溝間隔とプレース角とを有してよい。適切なエシェル格子は、670 nm以上の波長から5200 nm以下の波長までを有する光学チャンネルを(逆)多重化することが可能である。こうしたエシェル格子は、2次から14次の屈折で動作し、および、約171.4線/mmの溝間隔と約52.7度のプレース角とを有してよい。<sup>20</sup>

【0014】

本発明の別の側面が、複数の選択されたレーザ発振周波数のレーザ光を供給することと、エシェル格子を使用してそのレーザ光を多重化することと、燃焼プロセスの中を通して多重化レーザ光を放射することと、エシェル格子を使用して多重化レーザ光を逆多重化することと、逆多重化されたレーザ光の周波数を検出器に伝送することとから成る、燃焼プロセス検出方法である。この方法は、さらに、検出器の出力から燃焼パラメータを求めることが、その求められた燃焼パラメータにしたがって燃焼プロセスを制御することとから成ってよい。

【0015】

本発明の別の側面が、選択されたレーザ発振周波数を有する2つ以上のダイオードレーザから成り、かつ、この各ダイオードが個別の入力光ファイバの末端に結合されている、ダイオードレーザ分光法において使用するためのピッチ側光学システムである。このピッチ側光学システムは、さらに、すべてよりは少ない数の入力光ファイバの他方の末端に光学結合されているマルチプレクサから成ってよく、および、このマルチプレクサは多重化レーザ光をピッチ側光ファイバに出力する。典型的には、ダイオードレーザとマルチプレ

タサは、燃焼プロセスチャンバから遠く離して配置されている温度調整された室内に貯容されるだろう。ピッチ側光学システムは、さらに、ピッチ側光ファイバの遠方の末端と非多量化入力光ファイバの遠方の末端とに光学結合されているカプラから成り、および、このカプラは多量化レーザ光と非多量化レーザ光とを組み合わせ、この組み合わされた光を伝送光ファイバに出力する。典型的には、このカプラは燃焼プロセスの附近に配置されている。ピッチ側光学システムは、さらに、伝送光ファイバに結合されているピッチ光学部品から成る。典型的には、ピッチ側光学システムで使用されるすべての光ファイバは単一モード光ファイバである。伝送光ファイバの長さは光学ノイズを最小化するように選択されてよい。特に、比較的より短い波長（例えば、760 nm）のレーザ光が測えれば1240 nmから5200 nmの比較的長い波長のレーザ光と多量化されており、かつ、こうした多量化ビームが、伝送スペクトル全体にわたって高い曲げの速度と他の伝送損失を示さない透明な市販の遠距離通信用光ファイバにおいて伝送されている場合には、相対的により短い波長が、延長された距離にわたってマルチモーダルになることがある。したがって、伝送ファイバの長さが、モードノイズの発生を最小化するように選択されてよい。例えば、伝送ファイバがCorning SMF 28光ファイバである時に、3メートル以下の伝送ファイバ長さが、顕著なマルチモード運動の発生なしに、760 nmの波長を有するレーザ光をカプラからピッチ光学部品に伝送することが可能である。

## 【0016】

本発明の別の側面が、キャッチ側のマルチモード光ファイバに光学結合されているキャッチ側光学部品と、キャッチ側のモードノイズを最小化するためにキャッチ側のマルチモード光ファイバの一区間を機械的に操作する手段とから成る、ダイオードレーザ分光法で使用するためのキャッチ側光学システムである。この機械的操作は、キャッチ側のマルチモード光ファイバをその軸を中心として揺ることから成ってよい。上述の仕方でキャッチ側のマルチモード光ファイバの一区間を機械的に操作する手段は、ファイバの一区間がモータの軸位置に対して相対的に迅速に保持され、かつ、このモータの軸が+360度の運動と-360度の運動とによって反復的に振りられるように、キャッチ側のマルチモード光ファイバに固定付けられているモータから成ってもよい。このモータの軸の振りの周波数は、伝送される信号の効果的な平均化を可能にするために、かつ、それによってキャッチ側のモードノイズの影響を減少させるために、10 Hz以上であってよい。

## 【0017】

本発明の別の側面が、選択されたレーザ発振周波数を有するダイオードレーザを備えるダイオードレーザ分光ガス検出装置であって、ピッチ光学部品がそのダイオードレーザに結合されており、および、そのピッチ光学部品は、プロセスチャンバに作動的に固定付けられており、かつ、プロセスチャンバを通過する放射ビームに沿ってレーザ光を放射するように方向付けられている。これに加えて、本発明のこの側面は、プロセスチャンバの中を透して放射されたレーザ光を受け取るためにピッチ光学部品と光学的に連絡しているキャッチ光学部品と、このキャッチ光学部品に光学結合されている光ファイバとを含む。これに加えて、キャッチ光学部品は、ピッチ光学部品からキャッチ光学部品によって受け取られるレーザ光の量を増大させるために放射ビームに対するキャッチ光学部品のアラインメント調整を可能にするキャッチ側のアラインメント調整機構に作動的に固定付けられており、および、光ファイバと、その光ファイバに光学結合されている選択されたレーザ発振周波数に対して感度を有する検出器とに結合されている。このキャッチ側アラインメント調整機構は、第1の軸とこの第1の軸に対して直交する第2の軸とに沿ってキャッチ光学部品をサルトさせる手段から成ってよく、および、この第1の軸と第2の軸との間に放射ビームに対して実質的に直交である。キャッチ光学部品をサルトさせるこの手段は、ステップモータであってよい。ダイオードレーザ分光ガス検出装置は、さらに、ピッチ光学部品によって放射されてキャッチ光学部品によって受け取られるアラインメント光ビームから成ってよく、および、検出器とキャッチ側のアラインメント調整機構とに作動的に固定付けられているデータ処理システムが、アラインメントビームの強度に關係した検出器からのデータを受け取り、および、検出器に結合されているアラインメントビームの強度

度を最大化するために、キャッチ側のアラインメント調整機構がキャッチ側の光学部品を放電ビームとアラインメント調整することを生じさせてよい。本発明のこの側面のダイオードレーザ分光ガス検出装置は、さらに、ピッチ光学部品のアラインメント調整と放電ビームの方向の調整とを実現するためのピッチ側のアラインメント調整機構から成ってよい。このピッチ光学部品は、キャッチ光学部品に関して繰り上達した通りに実現されてよい。

#### 【0018】

本発明の別の側面が、ダイオードレーザ分光ガス検出光学システムをアラインメント調整する方法である。この方法は、アラインメント光ビームを供給することと、プロセスチャンバーの中を通してそのアラインメント光ビームを放電することと、キャッチ光学部品によってそのアラインメントビームを受け取ることとから成り、および、このキャッチ光学部品はプロセッサチャンバーに作動的に固定付けられている。この方法は、さらに、キャッチ光学部品からのアラインメントビームを光ファイバを通して検出器に光学的に結合することと、キャッチ光学部品から光ファイバに結合されるアラインメントビームの強度を測定することとから成る。これに加えて、この方法は、キャッチ光学部品から光ファイバに結合されたアラインメントビームの強度を最大化するようにキャッチ光学部品をアラインメント調整することから成る。ダイオードレーザ分光ガス検出光学システムをアラインメント調整するこの方法は、さらに、第1の軸とこの第1の軸に対して直交する第2の軸とに沿ってキャッチ光学部品をモルトさせることから成ってよい。あるいは、これに対する代替として、アラインメントビームはピッチ光学部品によって放電されてもよく、および、このピッチ光学部品も、キャッチ光学部品から光ファイバに結合されるアラインメントビームの強度をさらに最大化するようにアラインメント調整されてよい。

#### 【0019】

本発明の別の側面が、波長可変ダイオードレーザ吸収分光法を用いて燃焼プロセスにおけるNOを検出する方法である。このNO検出方法は、約670nmの波長のレーザ光を供給することと、ピッチ側の光ファイバ内のレーザ光を燃焼場所へ伝送することと、燃焼プロセスの中を通してレーザ光を放電することと、キャッチ側光ファイバの中にレーザ光を受け取ることとから成る。この方法は、さらに、キャッチ側の光ファイバの中のレーザ光を検出器に伝送することと、その検出器に伝送されるレーザ光に関係した検出器からの信号を生成することとから成る。これに加えて、この方法は、その信号からNO<sub>x</sub>濃度を計算することと、この計算されたNO<sub>x</sub>濃度からNO濃度を求ることとから成る。このNO検出方法は、ダイオードレーザによって約1340nmの波長を有するレーザ光を生じることと、擬似位相結合周期分離波路（quasi-phase matched periodically poled waveguide）においてそのレーザ光を周波数2倍化することによって、波長670nmのレーザ光を供給することによって実現されてよい。適している波路は、擬似位相結合周期分離ニオブ酸リチウム波路である。

#### 【発明を実現するための最良の形態】

#### 【0020】

##### 検出装置

図1に示されているように、本発明の実施形態は、燃焼プロセスの輸出と監視と制御とに適している検出装置10である。この検出装置10は、近赤外または中赤外スペクトルの選択された周波数でレーザ発振する一連の波長可変ダイオードレーザ12からのレーザ光を使用することによって波長可変ダイオードレーザ吸収分光法（TDLAS）を行う。各々の波長可変ダイオードレーザ12の出力は、单一モード光ファイバ14であってよい細割の光ファイバに結合され、および、マルチプレクサ16に送られる。本明細書で使用される場合に、「結合されている（coupled）」、「光学結合されている（optically coupled）」または「光学的に連絡している（in optical communication with）」は、光が中間の構成要素または自由空間を通過してまたは通過せずに第1の構成要素から第2の構成要素に達むことができる場合の相対物の相互間の機能的関係と定義される。マルチプレクサ16内では、その発生周波数の一部または全部の周波数のレーザ光が、複数の選択さ

れた周波数を有する多重化プローブビーム (multiplexed probe beam) を形成するために多重化される。この多重化プローブビームはピッチ側の光ファイバ 18 に結合され、および、図 1 に燃焼室 22 として示されているプロセスチャンバに作動的に開連付けられているピッチ光学部品 20 すなわちコリメータに伝送される。

#### 【0021】

ピッチ光学部品 20 は、燃焼室 22 の中を通して多重化プローブビームを放射するように方向配置されている。キャッチ光学部品 24 が、燃焼室 22 を経由してピッチ光学部品 20 と光学的に連絡している。キャッチ光学部品 24 が、ピッチ光学部品 20 の概ね反対側に位置しており、かつ、燃焼室 22 に作動的に開連付けられていることが好ましい。このキャッチ光学部品 24 は、燃焼室 22 の中を通して放射される多重化プローブビームを受けるように配置されかつ方向付けられている。キャッチ光学部品 24 は、キャッチ光学部品 24 によって受け取られる多重化プローブビームの一部分をデマルチブレクサ 28 に伝送するキャッチ側の光ファイバ 26 に光学的に結合されている。デマルチブレクサ 28 内では、キャッチ光学部品 24 によって受け取られた多重化プローブビームの一部分が逆多重化され、および、この逆多重化されたレーザ光の各波長が出力光ファイバ 30 に結合される。一方、各々の出力光ファイバ 30 は検出器 32 に光学的に結合されており、この検出器 32 は、典型的には、そのプローブビームを形成するように生成され多重化されたレーザ光の選択された周波数の中の 1 つの周波数に対して感度を有する光検出器である。検出器 32 は、検出器周波数で検出器 32 に伝送される光の性質と量とに基づいて電気信号を生成する。各検出器 32 からの電気信号は、典型的には、データ処理システム 34 内でデジタル化されて分析される。より詳細に後述するように、このデジタル化され分析されたデータは、燃焼室 22 内の様々なガス化学種の濃度と燃焼温度とを非限定期的に含むプロセスチャンバ内の物理パラメータを検出するために使用されることが可能である。データ処理システム 34 は、さらに、フィードバックループ 36 を通して燃焼制御装置 38 に信号を送り、および、それによって選択されたプロセスパラメータを能動的に制御するために使用されることが可能である。燃焼プロセスの場合には、制御されるプロセスパラメータは、燃料（例えば、粉炭）供給量と、酸素供給量と、触媒または化学薬剤の添加速度とを含むことが可能である。検出装置 10 のピッチ側とキャッチ側の両方の電子構成要素と光学構成要素との光ファイバ結合の使用が、波長可変ダイオードレーザ 12 と検出器 32 とデータ処理システム 34 とのような、壊れやすくて温度の影響を受けやすい装置が、安定した動作環境を有する制御室の中に配置されることを可能にする。したがって、比較的頑丈なピッチ光学部品 20 およびキャッチ光学部品 24 だけが、燃焼室 22 の過酷な環境の付近に配置されることが必要であるにすぎない。

#### 【0022】

図 2 は、ファイバ結合多重化検出システム 40 の全体的な構成要素の配置を概略的に示す。この検出システム 40 は、一般的に、システムラック 42 と、ブレイクアウトボックス 44 と、ピッチ光学部品 48 を有するトランスマッタヘッド 46 と、キャッチ光学部品 52 を有するレシーバヘッドと、接続光ファイバとから成る。システムラック 42 が燃焼室 54 から例えば 1 キロメートルのような距離に位置している遠隔制御室内に配置されていることが好ましい。この制御室は、典型的には、適度な環境を有するだろう。システムラック 42 は、レーザ 56 と、検出器 58 と、波長マルチブレクサ 60 と、波長デマルチブレクサ 62 を含む。このシステムラック 42 は、さらに、システム電子機器と制御ソフトウェア（図 2 には示されていない）も収容する。システムラック 42 は、採用随意に、アインメント光源 64 を取容してもよい。

#### 【0023】

システムラック 42 をブレイクアウトボックス 44 に接続する光ファイバは、典型的には、標準的な単一モードの遠距離通信用光ファイバである。このタイプのファイバは安価であり、容易に入手可能であり、低損失であり、かつ、光スイッチと光スプリッタと波長分割マルチブレクサとのような光を操作するための様々な標準部品の遠距離通信用部品にレーザ光が送られることを可能にする。光ファイバ結合なしでは、ずっと自由空間を通

通してレーザ光が燃焼室 5 4 に送られなければならず、このことは実現が非常に困難であろうし、または、この代わりに、高密度の電子機器と光学部品とが燃焼室 5 4 の直ぐ近くに配置されることが必要だろう。

#### 【0024】

さらに、図 2 にはブレイクアウトボックス 4 4 も示されている。このブレイクアウトボックス 4 4 は、ボイラの近くに配置されている堅牢化された密閉容器である。このブレイクアウトボックス 4 4 は、複数のトランスマッタヘッド／レシーバヘッド対に光学信号を送るために後述するように使用されでよい光スイッチと光スプリッタと光カプラ（一括して 6 6 で示されている）とを収容する。

#### 【0025】

図 2 に示されている第 3 のグループのシステム構成要素がトランスマッタヘッド 4 1 とレシーバヘッド 5 1 である。トランスマッタヘッド 4 1 とレシーバヘッド 5 1 との中の光学部品と電子機器は、ファイバ 5 0 の内の光を平行ビームに変換し、このビームを正確に燃焼室 5 4 の中を通して送り、燃焼室 5 4 の遠端上でビームを捕捉し、かつ、このビームをファイバ 7 0 の中に結合しなければならない。これを実現するための光学部品の選択が、伝送距離と、燃焼区域の乱流と、伝送されるビームの品質に対するこの乱流の影響と、ファイバ 7 0 のコアサイズとによって決定される。ファイバのコア径が 50 ミクロンであることが好ましく、このことは妥協であり、すなわち、より大きいコアはより多くのレーザ光を捕捉するが、しかし、同時に、はるかにより多くの背景光も捕捉する。キャッチ（レシーバ）側でのファイバ結合は幾つかの利点を有する。特に、レーザ光と同一の場所にありかつ同一の方向に進む光だけがファイバ 7 0 の中に収束される。このことは、検出される背景光の量を劇的に減少させる。別の実施形態では、光が幾つかのレシーバファイバの中の 1 つのレシーバファイバの中に捕捉されてもよく、および、光スイッチまたは他の光路選択装置が、検出器 5 8 への転送のために 1 つのファイバからの光を選択することが可能である。

#### 【0026】

キャッチ側でのファイバ結合の使用は、トランスマッタの光学部品とレシーバの光学部品との両方のアライメント公差が正確に維持されることを必要とする（トランスマッタの標準とレシーバの標準との両方に關して 0.5 ミリラジアン未満）。後述するアライメント調整システムが、過酷な発電所環境においてこの公差を満たすことを可能にする。ピッチ光学部品 4 8 とキャッチ光学部品 5 2 との両方が、複数のレーザ信号が同時に効率的に送信および受信されることが可能であるように、680 nm から 1650 nm までの波長に關して特注設計かつ校正されることが好ましい。

#### 【0027】

##### 複数の組の検出光学部品を有する検出装置

図 1 を再び参照すると、この図には、單一の燃焼室 2 3 に關連付けられている 2 つ以上の組のピッチ光学部品 2 0 とキャッチ光学部品 2 4 を特徴とする実施形態が概略的に示されている。多重化プローブビームは、図 1 に示されているように光スイッチ 7 2 であつてよい経路選択装置によってピッチ光学部品 2 0 の各組に送られることが可能である。通している経路選択装置は、手め決められたシーケンスでピッチ光学部品／キャッチ光学部品の各組に対して最少の減衰を伴ってプローブビームを送るよう実現されてよい光スイッチ、または、光学部品の各組に対して多重化プローブビームの分別部分を同時に送る光スプリッタを含む。

#### 【0028】

図 1 においてマルチモード光スイッチ 7 2 として示されている同様の光経路選択装置が、各キャッチ光学部品 2 4 によって受け取られた多重化プローブビームの一部分をキャッチ側のマルチプレクサ 2 8 に送るために、そのシステムのキャッチ側で使用されることが可能である。図 1 に示されている実施形態は 2 つの組のピッチ光学部品およびキャッチ光学部品だけを示すが、そのシステムは、任意の数の組のピッチ光学部品およびキャッチ光学部品を使用することが可能である。そのシステムのピッチ側とキャッチ側の両方でフ

マイバ結合と（選）多重化プローブビームとを使用することが、1つの組のレーザ12と検出器32とによって複数の組のピッチ光学部品とキャッチ光学部品が実現されることを可能にする。複数化技術を含まない場合には、すべてが校正を必要とする別の組のレーザと検出器とファイバケーブルが各々のトランスマッタ／レシーバ対毎に必要とされるだろう。詳細に後述するように、複数のトランスマッタ／レシーバ対が、例えば下流のガスプロセスを検出するための、燃焼室22または他の場所の全体にわたっての1つまたは複数の2次元検出格子の実現を可能にする。2つの極めて単純化された検出格子、すなわち、火球検出格子76と下流検出格子78との略図が図3に示されている。これに加えて、本発明のファイバ結合という特質が、容易に入手可能な遠距離通信用部品が有効な効果を得るために使用されることを可能にする。例えば、光ファイバスイッチが、測定のため 15 に異なる場所に多重化プローブビームを送るために使用されることが可能である。Nが8までである1KNの光スイッチが、様々な供給業者から標準化された部品として容易に入手可能である。Nが16までであるスイッチが特別注文されることが可能である。

#### 【0029】

スイッチと複数の対のピッチ光学部品／キャッチ光学部品とが、燃焼室全体にわたっての異なる場所でガス化学種の連続的な調査のために使用されることが可能である。平均化された結果で十分な状況では、異なるビーム経路の連続的な調査が許容可能である。しかし、特定の用途が検出格子全体の瞬時の調査を必要とすることがある。例えば、特定の燃焼プロセスのフローが高周波数変動を示すか、または、このフローが、例えば衝撃波管または衝撃波発生のように、短時間の間だけしか存在しないだろう。この場合には、1KN 20 スプリッタが、検出格子の互いに異なる位置を各々が占めるN個の分枝にプローブビームを分割するために使用されてよい。格子全体が同時に照らされるので、2次元分析が非常に迅速に生じさせられることが可能である。しかし、同時に2次元分析は、キャッチ側の各構成要素が、デマルチプレクサと、検出器と、A／Dカードのような電子機器と、ある程度はコンピュータとを含む各ビーム経路に再現されることを必要とするだろう。

#### 【0030】

したがって、スイッチまたはスプリッタを特徴とする実施形態が、調査される領域の2次元断面の幾つか大まかなトモグラフィック再構成 (tomographic reconstruction) を容易にする。ガス濃度のトモグラフィ法 (tomography) を行うためにダイオードレーザを適用することは公知の技術であるが、しかし、大きな追加の利益が、波長多重化されている 30 プローブビームの使用の結果として本発明によって得られる。波長多重化ビームは、2つ以上の吸収線の同時分光分析を可能にする。したがって、詳細に後述する温度測定のよう 35 な2つ以上の吸収線に依存するTDしA-S技術が、検出格子全体にわたって行われることが可能である。温度とガス化学種濃度の両方がこのようにしてマッピングされることが可能である。

#### 【0031】

##### SCEとSNCRにおけるトモグラフィの具体的な適用

上述の大まかなトモグラフィの具体的な適用が図3に概略的に示されており、および、石炭燃焼発電ボイラ廃出液またはガス燃焼発電ボイラ廃出液からのNO<sub>x</sub>の還元のためのSCE (選択的燃焼還元) とSNCR (無触媒還元) におけるアンモニア注入の最適化に関する。この用途では、アンモニア注入器または尿素注入器の行列80がボイラ廃出液の流れの中に配置される。NO<sub>x</sub>濃度を最小にするために、超過量のアンモニア (または尿素) がその廃出液に加えられてよい。NO<sub>x</sub>は厳しく規制された非常に有害な空気汚染物質のグループである。この加えられたアンモニアはNO<sub>x</sub>を化学的に還元し、および、無害な窒素ガスと水とを生成物として生じさせる。しかし、加えられる過剰なアンモニア (または尿素) の量は、これらの化学物質自体が有害な大気汚染物質でありかつ非常に高価なので、最小限にされなければならない。典型的には、3~5ppm未満の超過濃度のアンモニアが望ましい。しかし、発電所の燃焼廃出液中のNO<sub>x</sub>の分布は均一ではなく、かつ、時間的に安定していない。これに加えて、アンモニア注入器の1つまたは複数が任意の特定の瞬間ににおいて故障するかも知れず、この故障はアンモニア濃度の局所的な減少の原 40 45 50 55 60 65 70 75 80

因となり、および、このことがNO<sub>x</sub>濃度における局所的なブリードスルー (bleed through) を生じさせる可能性がある。上述の通りの下流TDLAS格子7.8段出によってアンモニアまたはNO<sub>x</sub>の空間濃度を監視することができる。本発明は、不均一なアンモニア分布が検出されて認識されることを可能にする。したがって、2次元化学種濃度によるアンモニア注入格子7.8の最適化と注入器全体にわたる個別的な制御とが、SCR/SNCRプロセスの最適化を可能にする。検出器とアンモニア注入器とが、アンモニア注入器の自動化されたフィードバック制御を実現するデータ処理システムにリンクさせられてもよい。

## 【0032】

本明細書に開示されているアンモニアスリップ (ammonia slip) 検出システムのような最適化されたアンモニアスリップ検出システムが、NO<sub>x</sub>濃度を監視する能力を有することが好ましいだろう。NO<sub>x</sub>はNOとNO<sub>2</sub>の両方を含む。残念であるが、複数のNO<sub>x</sub>ダイオードレーザは、1.4ミクロンから1.8ミクロンの範囲内で生じる2次NO<sub>x</sub>オーバートーン遷移だけにアクセスすることが可能であるにすぎない。大半の廃出液流の中に存在する比較的低い濃度を考慮すると、この遷移はNO<sub>x</sub>を検出するためには弱すぎる。したがって、NO<sub>x</sub>濃度を直接監視することは実際的ではない。しかし、NO<sub>x</sub>がNOを生じさせるプロセスと同じプロセスで生じさせられる。然NO<sub>x</sub>プロセスとして発電産業で公知であるこれらのプロセスは、NOとNO<sub>2</sub>の両方を生じさせ、および、典型的な条件下では、NOは絶対の濃度の約95%を占め、かつ、NO<sub>2</sub>は残りの5%を占める。この比率は、典型的には、環境の濃度と酸化可燃性とに依存する。上述したように、この技術は、標本採取されたガスの濃度の測定也可能にする。しかし、NO濃度とNO<sub>x</sub>濃度とが互いに遮蔽することが予測される。したがって、NO<sub>x</sub>はNOのための代替の分析化学種として使用されることが可能である。本発明は、670 nmの波長においてNO<sub>x</sub>を監視する能力を実現する。この波長は、液相整合周期分離ニオブ酸リチウム導波路内で周波数2倍化された1340 nm分散フィードバック (DFB) レーザを使用して生じさせられる。NO<sub>x</sub>濃度がNO濃度の5%にすぎなくても、NO<sub>x</sub>吸収強度は数桁大きい。したがって、NO<sub>x</sub>は、NO<sub>x</sub>還元プロセスの最適化を容易にするために、ボイラ内に存在する濃度で容易に検出されることが可能である。

## 【0033】

## 波長可変ダイオードレーザ吸収分光法

本発明は、レーザ分光法の分野の専門家にとって公知である技術を使用してTDLASを行う。一般的に、TDLASは、ターゲット環境の中を通したレーザ光の伝送と、その後での、一酸化炭素または酸素のようなターゲットのガスを原因とする特定の波長でのレーザ光の吸収の検出とによって行われる。検出された光のスペクトル分析が、レーザ経路に沿ったガスのタイプと量の識別を可能にする。直接吸収分光法の詳細が、Teich et al., Ferriholt et al. および Bier et al. の "Simultaneous in situ Measurement of CO, H<sub>2</sub>O, and Gas Temperature in a Full-Sized, Coal-Fired Power Plant by Near-Infrared Diode Lasers" (Applied Optics, 42(12):2043, 20 April 2003) に説明されており、この全体が本明細書に引例として組み込まれている。レーザ吸収分光法の非接触という特徴が、このレーザ吸収分光法を、石炭燃焼発電所の燃焼区域、または、他のプロープが使用不可能な易燃性もしくは有毒性の環境のような過酷な環境に適したものにする。レーザ光の使用が、こうした環境の幾つかにおいて遭遇することがある極度の減衰 (典型的には、99.9%を越える光損失) の存在下において検出可能な伝送を得るために必要な高い輝度を実現する。ターゲット用達の過酷な条件により適切に耐えるために、レーザ光は、防護された光ファイバを通してターゲット環境に対して送り込まれてよい。

## 【0034】

濃度または複数の燃焼プロセス成分ガスの効果的な検出が、複数の互いに広く開隔がありた周波数のレーザ光を使用するTDLASの実行を必要とする。選択された周波数は、監視される種類の吸収線に適合しなければならない。例えば、上述したように、放射NO濃度を計算するためには670 nmの波長でNO<sub>x</sub>を監視することが有用である。さらに